УДК 550.83 + 004.924

ЗАМЕЧАНИЯ О СТРАТЕГИИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ БАЗ ДАННЫХ ГРАВИМЕТРИИ В УКРАИНЕ

Ю.И. Дубовенко

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина, e-mail: nemishayeve@ukr.net

Сформулированы адекватные геофизической практике требования к оптимальности и точности средств интерпретации данных потенциальных полей. Рассмотрена необходимость переинтерпретации архивных данных с целью создания геофизических баз данных. Указано, что главной проблемой является разработка скоростных решений для оцифровки гравиметрических карт. Обобщены направления, обосновывающие новую методологию создания гравиметрических (и других) баз данных для территории Украины. Предложено использовать в качестве ядра базы данных СУБД PostgreSQL; способа оцифровки бумажных карт – модифицированный способ А. Якимчика (исходная информация для оцифровки – не карты изолиний, а журнал пунктов измерений); нового стандарта первичной обработки гравиметрических данных – адаптированный способ С. Бычкова. Предложено добавить к комплекту карт для интерпретации карты абсолютных значений поля силы тяжести; объединить в открытом интерфейсе взаимодополняющие данные по участкам исследований. Для обеспечения методологии рекомендуется изменить Инструкцию по гравиразведке от 1980 г. Следует изменить не гриф секретности, а понятие интеллектуальной собственности: заменить конкуренцию в доступе к данным измерений конкуренцией результатов интерпретации данных.

Ключевые слова: гравиметрия, базы данных, оцифровка карт, переинтерпретация архивных данных, каталог гравиметрических пунктов, абсолютные значения силы тяжести, новый стандарт.

Введение. После почти двух десятилетий упадка, вызванного резким сокращением объема полевых съемок и развитием мобильных методов приповерхностной геофизики, гравиразведка снова переживает определенный подъем. Он вызван переориентацией заказов на геологоразведку с государственного в частный сектор геофизики вследствие новых общественных отношений. Частные компании предъявляют повышенные требования к оптимальной по затратам методике (за *минимум* времени выполнить *максимум* работ *приемлемого качества*) и к точности (разрешающей способности) *измерений*. Современная зарубежная аппаратура и проверенные временем методики измерений адекватны современным требованиям к получению данных. Однако нужен и совместимый ресурс данных, отвечающий этому аппаратному основанию.

Такие же требования по оптимальности и точности предъявляют и к средствам *интерпретации* данных потенциальных полей, имеющихся в современной геофизической практике.

Цель настоящего сообщения – обобщить и разработать технические условия к получению, хранению и обмену данных гравиметрии. В частности, к базам данных (а также моделей и алгоритмов) выдвигаются следующие требования:

1) высокая точность, технологичность (расширяемость, совместимость форматов) и мобильность (работа в разных конфигурациях “железа” и программного обеспечения) алгоритмов и программ;
2) адаптация математических моделей поля к условиям измерений: заданию исходных измерений на коротких профилях или в нерегулярных сетях наблюдений;
3) адаптация математических моделей геологической среды к реалиям ее строения: сложному (нелинейному и неоднородному) состоянию структур, дисперсии физических свойств.

Ввиду наличия в архивах огромного объема измерений второй половины XX ст. приемлемого качества много внимания уделяется вопросам их переинтерпретации. Вместе с тем вследствие повышенных требований к точности и эффективности интерпретации переработка больших объемов гравиметрических данных требует выполнения таких действий:

- инкорпорации новых численных методов и моделей [4–6, 8] для интерпретации данных гравиметрии;
- введения нового базиса гравиметрии и изменения существующих стандартов предобработки [2, 13];
- использования новых способов подготовки цифровых карт и баз данных [11, 12];
- внедрения новых представлений исходных данных [9].

Все указанные направления совершенствования методов обработки данных потенциальных полей находятся на разной степени развития. Все они развиваются с целью создания цифровых аналитических моделей поля и геологической среды,

ориентированных на применение в пакетах ГИС (визуальная модель интерактивной интерпретации). Для создания единой цифровой основы в геофизических базах данных следует превратить хранящиеся в архивах бумажные карты в разных редукциях в цифровую форму, но с учетом указанных выше требований. Ввиду изложенного проблема принятия скоростных недорогих решений для оцифровки картографического наследия предыдущей эпохи развития геофизики и создания цифровых баз данных на современных программных платформах не потеряла своей актуальности. Концептуальный анализ указанных выше проблем и составляет суть применяемой в исследовании **методологии**.

Кроме того, господствующие стереотипы мышления в геофизике (в частности, инструкции о получении и предварительной обработке данных гравиметрии второй половины XX в.) тормозят общий прогресс наук о Земле. В то же время информационный кризис, достигнувший и сферы наук о Земле, требует систематизации знаний и обобщения методик. Смена парадигмы геофизических исследований за одно поколение вынуждает исследователей взаимодействовать дистанционно, равно как и с производством, – ради взаимовыгодного обмена идей, средств, навыков. Намечается общая тенденция – создание интерактивных баз знаний на основе открытых тематических интернет-порталов. Последние объединяют в едином интерфейсе теоретические методы, численные алгоритмы, программы, базы данных – от гравиметрии до ядерной геофизики. Создавать такие базы знаний следует на основе единой государственной программы.

Основным наполнением указанных порталов должны стать цифровые базы данных (и наборов карт) потенциальных геофизических полей. На их основе объединенные дистанционно виртуальные коллективы ученых разных организаций смогут многократно воссоздавать цифровые модели геологической среды для научных и промышленных организаций.

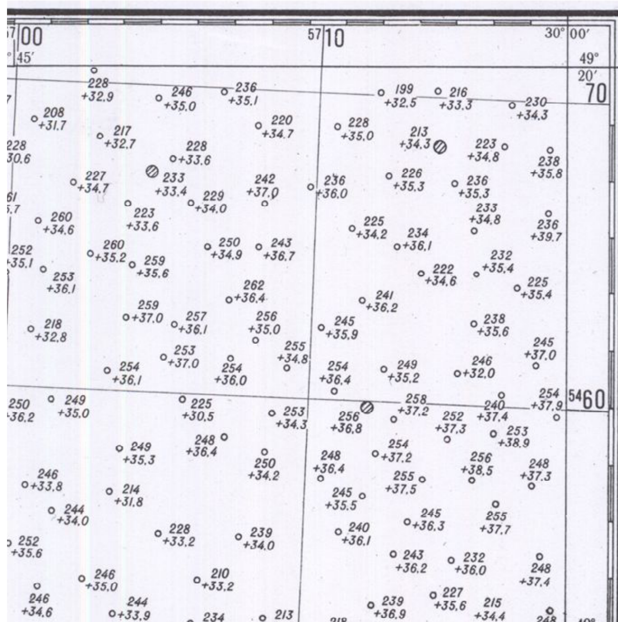
При этом обязательно следует учитывать, что известные в геологии программы трассирования и оцифровки (такие как Surfer, Easy Trace, ErMapper, MapInfo, ArcGIS, CorelDraw и др.) имеют замедленные и тяжеловесные режимы оцифровки, несовместимые форматы данных, слабые средства анализа, запутанный интерфейс, многоуровневые процедуры, неспособны к обработке больших массивов данных и т. п. Поэтому на замену экстенсивному пути развития цифровой картографии (больше производительность – больше данных) должен прийти интенсивный путь (больше данных – больше возможностей).

Обобщение и предобработка исходных данных. Предлагаем серию обобщений, обосновывающих потребность в разработке новой методологии для создания многокомпонентных баз данных геолого-геофизической информации (преимущественно данных потенциальных полей) для территории Украины. Имеются в виду данные гравиметрии, как наиболее близкие автору сообщения. Рассмотим следующие результаты.

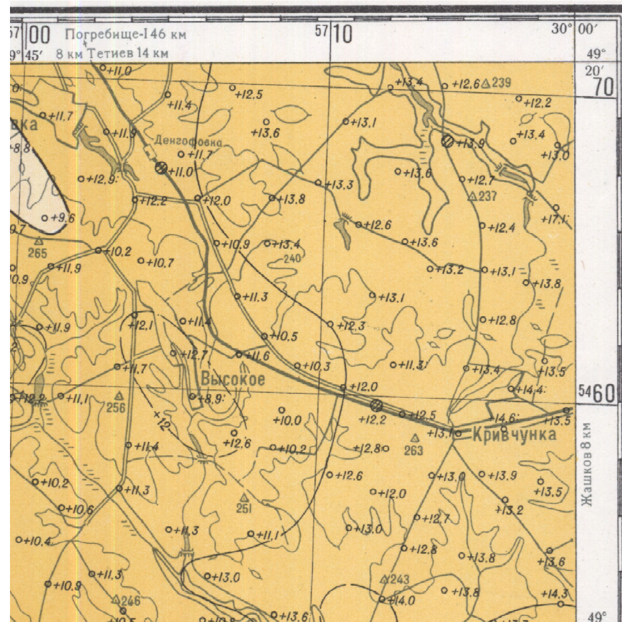
1. В качестве ядра базы данных можно использовать PostgreSQL, согласно анализу [11]. Действительно, геологические базы данных ныне не ограничены только хранением и организацией доступа к данным для исследователей. Однако до сих пор не разработан единый подход к построению подобных баз данных. Сравнительный анализ тенденций в СУБД для управления большими массивами пространственно распределенных данных, с учетом возможности визуализации и обработки данных, показал, что наиболее удобными и стабильными программами для построения ГИС карт и компоновки пространственных данных являются Oracle и PostgreSQL. Предпочтение отдано последней ГИС ввиду ее открытого статуса.

Среди преимуществ СУБД PostgreSQL отметим надежность и безопасность данных (доступ к БД осуществляется на основе движка корпоративной идентификации типа LDAP или Kerberos, обмен данными производится по SSL-связи). Для обработки географических (геологических) данных имеется расширение PostgreSQL – Postgis, работающее с любыми ГИС-объектами. PostGIS создает запросы SQL с пространственными функциями, поддерживает растры и GiST-индексы. GiST-индексы предпочтительнее R-деревьев вследствие нуль-безопасной обработки данных и поддержки потерь (вызовы ГИС-индексов свыше 8K сохраняют в индексе только значимую часть информации объекта). Спецификация OpenGIS поддерживает два способа обмена пространственными объектами – Well-Known Text (WKT) и Well-Known Binary (WKB), т. е. текстовые либо бинарные атрибуты. Оба формата можно легко экспортировать в среду открытых ГИС, типа Quantum GIS.

2. Для процедуры оцифровки бумажных карт можно применять технологию [12], которая использует в качестве исходной информации до начала оцифровки не обычные карты изолиний, а новый тип цифровой информации в виде электронного журнала измерений. В такую же цифровую карту изолиний переводится не бумажная карта изолиний, со всеми ее ошибками и проблемами, а карта фактажа (рис. 1) – в цифровую грид-карту аномалий, готовую к обработке в среде специализированных пакетов программ. Отметим только, что со времени публикации статьи [12] ввиду прогресса ГИС-технологий рекомендуется заменить используемые там проприетар-



а



б

Рис. 1. Фрагмент гравиметрической карты СССР М-35-XXX масштаба 1 : 200 000: *а* – высоты пунктов наблюдений; *б* – аномалии Буге (σ = 2,3 г/см³)

ные программы на open-source [7, 11]. Эту же тенденцию к open-source основанию средств обработки следует заложить в стратегию дальнейшего развития проекта баз данных. Обработка должна стать рутиной: сочетая разнородные данные и априорные предположения в онлайн-сервисах обработки, получаем серию допустимых математических моделей среды, из которых на следующем этапе избираем оптимальную модель – куб. На основе его истолкования получаем искомую физическую модель среды.

Рассмотрим некоторые ключевые положения создания цифровых карт, описанные в статье [12]. Известные процедуры ввода картографических изображений посредством дигитайзера и сканера для преобразования научных криволинейных типов данных в цифровую форму сложны и затратны по времени. Так, программа ввода карт со сканера [1] выполняет 10 операций: введение и кодирование изображения → сглаживание контуров → удаление шума → выделение скелета → кусочно-линейная аппроксимация → прослеживание сегментов изолиний → оцифровка значений изолиний → запись результатов.

Для обработки и интерпретации геофизической информации, получаемой из карт фактического материала, на данном этапе все еще необходима автоматизация их ввода в компьютер. С развитием ГИС стало возможным упростить эту процедуру, например, следующим образом (обработка изображений рельефа): сканирование карты → запись в файл → загрузка в Golden Software Surfer → оцифровка карты → запись высот в файл данных: (x и y) – автоматически, высота z – вручную) → экспорт файла. Сейчас сканирование можно заменить фотокопией высокого разрешения, сделанной цифровым фотоаппаратом при надлежащем освещении. Недостатки этого способа следующие:

- оцифровка горизонталей снижает точность и достоверность определения точек координат и значений поля в этих точках;
- Surfer 11 удлиняет время оцифровки, давая при этом неоднозначные результаты (разные операторы будут получать различные результаты в зависимости от разных методов интерполяции);
- трудоемкость и неудобство оцифровки значительно усложняют всю процедуру.

Разработан новый метод оцифровки сканированных карт фактического материала с помощью ГИС MapInfo Pro с целью обеспечить автоматизацию, достоверность, точность и минимальное время ввода графики в компьютер в сети геодезических/прямоугольных координат. В качестве исходных данных используются сканированные карты фактического материала (карты гравиметрических пунктов), содержащие грид точек наблюдений и значения аномалий в этих точках (рис. 2), где обозначены: кружками – точки наблюдений; дробями – значения аномалий/высот; штриховой линией – изолинии, полученные из интерполяции по площади; [i] – панель операций для обработки изолиний.

До начала основной процедуры калибруем лист карты по углам внутренней рамки: в программе Photomod GeoCalc 4.2 преобразуем *геодезические координаты* углов карты трапециевидной рамки в *прямоугольные* координаты листа карты. Координаты этих опорных точек помогут

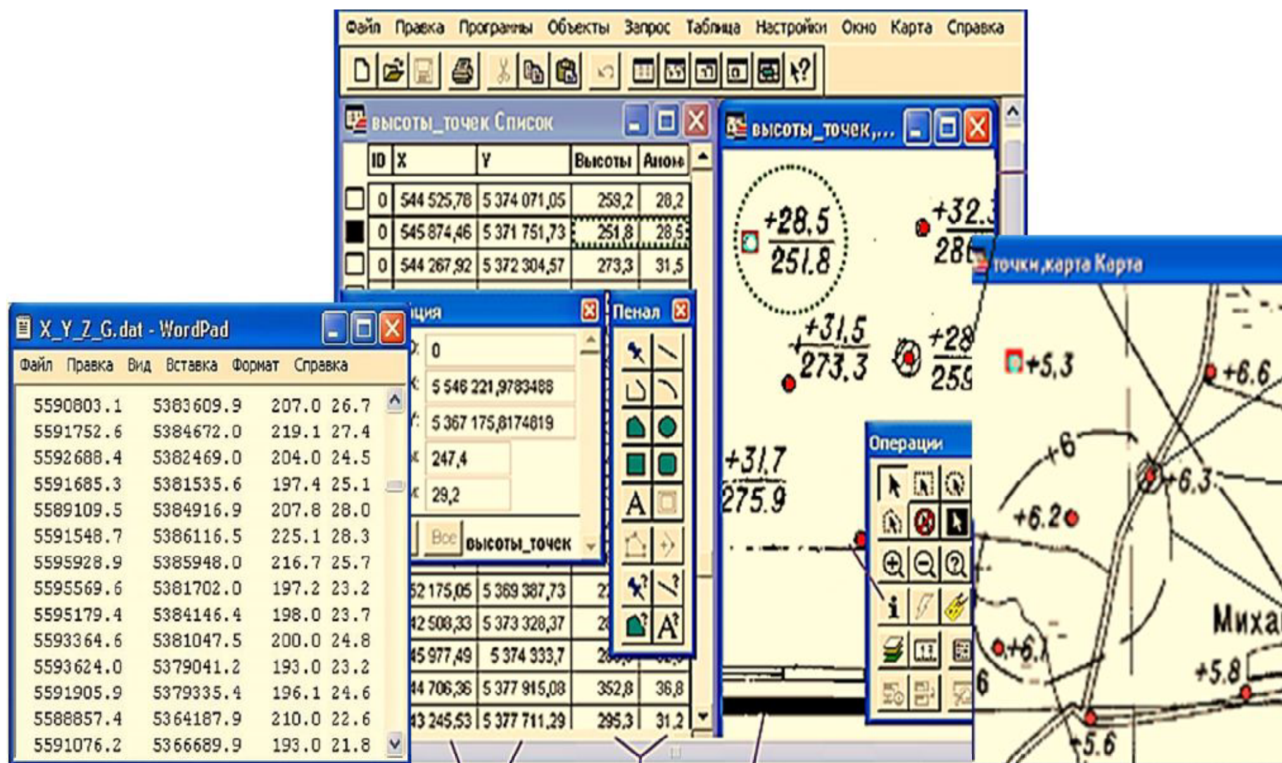


Рис. 2. Фрагмент интерфейса MapInfo для оцифровки фактических значений силы тяжести по новой процедуре: введение значений аномалий при оцифровке грид-карты наблюдений

определить автоматически координаты всех остальных точек. Суть методики оцифровки состоит в последовательном исполнении следующих четырех шагов [12].

А. Регистрация растра. Чтобы верно сопоставить растр с векторными данными поверх него, регистрируем растровое изображение: в окне "Регистрация изображения" ГИС MapInfo задаем координаты опорных точек, тип проекции растра: *Файл* → *Открыть таблицу* → *Тип файла* → *Растр* и, выбрав файл снимка, → *Открыть* → *Регистрировать* → "Регистрация изображения": задать проекцию скана карты, зафиксировать 4 угла внутренней рамки, в окне "Добавить контрольную точку" задать их *прямоугольные* координаты → *Сохранить набор*. В верхней части окна "Регистрация изображения" будут отображаться координаты 4 контрольных точек, т. е. растр зарегистрирован.

Б. Векторизация. Компьютерная карта представляет собой совокупность слоев, содержащих различные типы информации: области, точки, линии, текст и т. п. Для управления слоями используют панель *Операции* → *Управление слоями*. Для оцифровки наносим точечные объекты на *косметический слой* карты: открываем рабочий лист, включаем режим *Узлы*, задаем *Карта* → *Управление слоями* → выбираем косметический слой из списка, ставим флажок *Переменный*, выбираем *Стиль символа* → задаем символы, шрифты, цвет и размер всех точечных объектов в косметическом слое. Затем выбираем инструмент рисования *Символ*, наводим курсор на то место карты, где наносится точечный объект, фиксируем его левой кнопкой мыши на фоне растровой подложки. После нанесения всех точек сохраняем векторные объекты в существующей/новой таблице: *Карта* → *Сохранить косметику*. Запускаем MapBasic, заходим в закладку "Записать координаты объекта"; программа автоматически заполнит два столбца таблицы значениями координат в заданной проекции. После этого следует перестроить заново структуру вычисляемой таблицы.

В. Ввод значений аномалий. Задаем численные значения для каждой точки слоя на карте. Для этого откроем таблицу как карту и как список и расположим окна рядом. Затем выделим в правом окне объект, а в левом введем вручную значение аномалии. Повторим процедуру для остальных точек и сохраним таблицу: *Файл* → *Сохранить таблицу*. Здесь точечный объект выделяется одновременно и справа и слева, поэтому не будет пропущена ни одна точка.

Г. Экспорт в ASCII. В MapInfo экспортируем табличные данные в ASCII файлы, выбрав символ-разделитель в окне "ASCII-текст". Затем следует проверить полученный файл и загрузить его в среду интерпретации геофизических полей типа Geosoft Oasis Montaj, ModelVision, GeoModeller.

Этот способ обеспечивает точность и эффективность оцифровки геофизических карт; максимальную автоматизацию, достоверность, простоту и удобство введения картографической

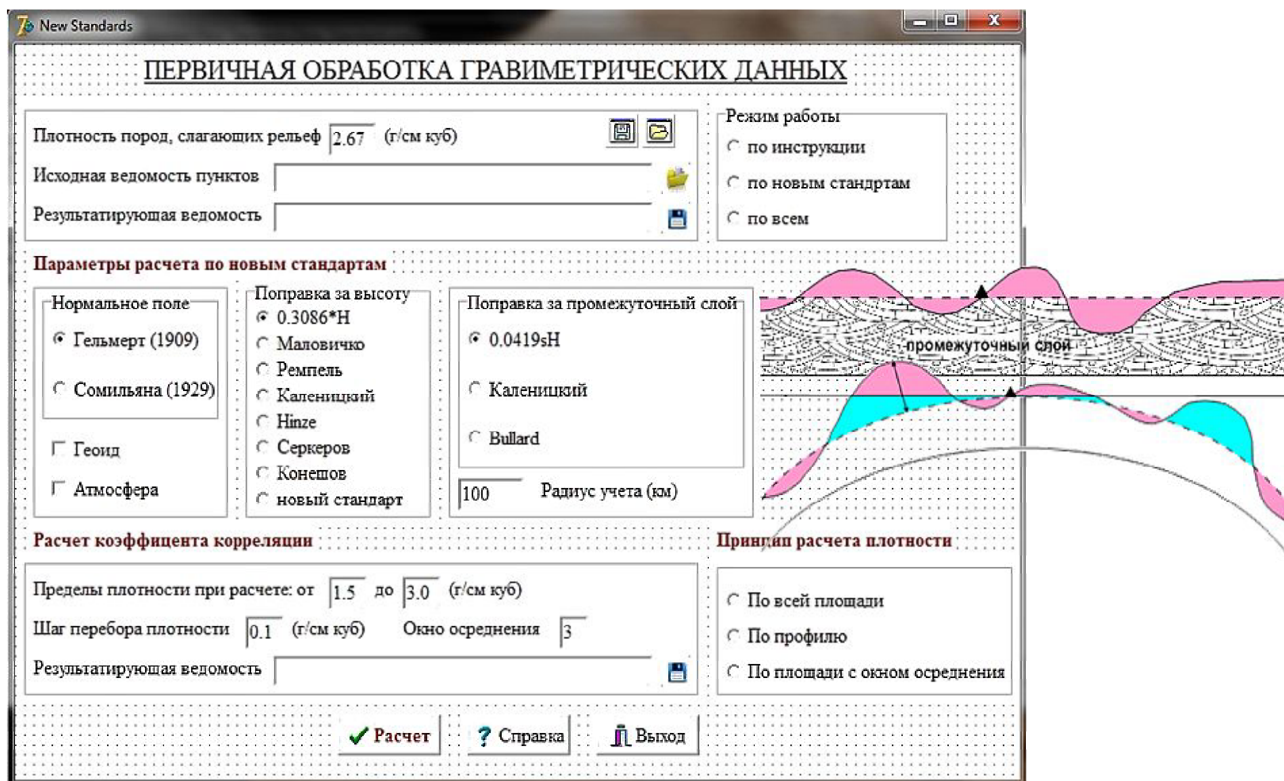


Рис. 3. Интерфейс программы New Standards [2] для предобработки гравиметрических измерений и его обоснование

информации в компьютер в среде ГИС; ускорение решения прикладных задач в науках о Земле.

Существенным моментом этой методики является возможность задействовать различные программы для калибровки карт, в том числе собственной разработки, если они поддерживают пакетную обработку данных. Кроме того, из 4 основных указанных выше процедур векторизацию и экспорт данных можно автоматизировать, а остальные получат такую возможность в будущем, с развитием удобных программ распознавания образов и геофизических банков данных.

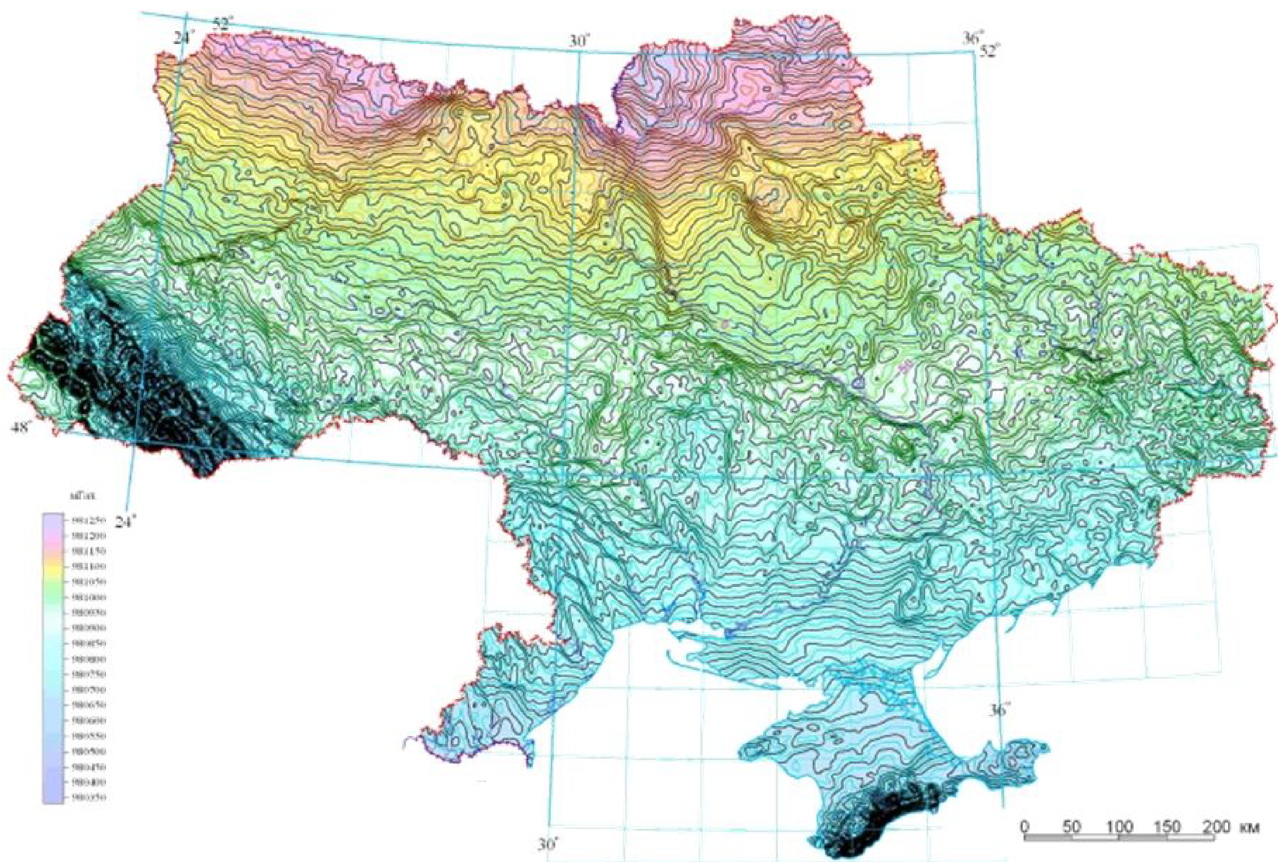
Наши предложения к методике, описанной выше, таковы. Следует применять вместо дорогих проприетарных программ MapInfo (его функционал не задействован полностью) open-source ГИС Quantum GIS Wroclaw 1.7.4, а вместо проприетарного Photomod GeoCalc 4.2 использовать апплет “Пакетный конвертер координат” из open-source пакета OkMap [7].

3. В качестве новых стандартов редуцирования и первичной обработки гравиметрических данных ввиду возросшей точности и детальности исследований с учетом поправок за кривизну слоя, рельеф местности и косвенные эффекты следует принять точку зрения С.Г. Бычкова и др. [2]. Они советуют вносить поправки в данные гравиметрии за косвенные эффекты, влияние атмосферы, за сферический слой (новые региональные поправки Буге). Чтобы не вносить такие исправления в каждую съемку, нужно один раз рассчитать комплекс поправок и хранить их в базе данных.

С учетом изложенного необходимо избавиться от предшествующих стереотипов в вычислениях аномалий силы тяжести при создании цифровых баз данных. При этом для основных структурных зон территории Украины следует сразу разработать параметры расчета гравиметрических поправок по новым стандартам (геоид ПЗ-90), приняв во внимание существующие наработки (рис. 3), а также изменить соответствующим образом Инструкцию по гравиразведке от 1980 г.

Разработка гравиметрических поправок для геолого-тектонических зон и условий Украины только начинается. Таким образом, проблема перехода на новые стандарты гравиметрических поправок теоретически обоснована, но ее численные значения для основных структурных зон территории Украины нуждаются в дальнейшем пересмотре.

Исходные данные гравиметрии и их новое представление. Требуют изменения положения Инструкции по гравиразведке от 1980 г. В сообщении [9] обосновано использование карты абсолютных значений поля силы тяжести $g_{набл}$ масштаба 1 : 1 000 000, созданной для территории Украины усилиями украинских НИИ. Создание этой карты на базисе надежной высотной цифровой основы земной поверхности (УкрНИИ геодезии и картографии) в виде таблиц значений высот в Балтийской системе отсчета ярко свидетельствует в пользу создания единого центра данных в сети Интернет. На подобной основе создана карта абсолютных значений $g_{набл}$ и ряд трансформант (рис. 4). Карта $g_{набл}$ создана путем пересчета по



а



б

Рис. 4. Карты абсолютных значений силы тяжести (*а*) и ее модуля полного горизонтального градиента (*б*) со снятым планетарным фоном [9]

формуле Гельмерта на регулярной матрице по данным сводной карты аномалий Буге (σ = 2,3 г/см^3) масштаба 1 : 200 000 из комплекта карт Геофизической основы для Тектонической карты Украины масштаба 1 : 1 000 000. Для того чтобы получить уточненную карту либо карты трансформант поля, достаточно изменить формулу пересчета либо параметры эллипсоида (датум) в интерфейсе базы данных.

В настоящее время удешевление аппаратуры и увеличение ее вычислительной мощи, развитие и доступность новых ГИС-технологий для работы с 3D данными позволяют задействовать ГИС в обработке данных гравиметрии. Однако для анализа пространственного распределения геофизических характеристик необходимы массивы данных гравиметрических съемок в цифровом виде. Съемки масштаба 1 : 200 000 с сечением изоаномал 1–2 мГал покрывают 100 % территории Украины, масштаба 1 : 50 000 с сечением изоаномал 0,5 мГал – 38 %, масштаба 1 : 50 000 и больше с сечением 0,1–0,25 мГал – 31 % территории. Общая площадь гравиметрических съемок ~603 700 км^2, количество точек наблюдений ~14,5 млн. Все это представлено в бумажном виде.

Современный уровень технологий дает возможность: во-первых, оперативно уточнять (повышать кондиционность) карты с помощью мобильных технологий (в том числе съемки с помощью беспилотных летательных аппаратов); во-вторых, создавать цифровой растр без использования дигитайзеров, сканеров (достаточно сделать фотоснимок высокого разрешения и препарировать в любом редакторе изображений); в-третьих, главными цифровыми форматами данных должны быть форматы Surfer (*dat) и ArcView (*.shp) – любые другие являются производными от этих двух; в-четвертых, использовать при создании и управлении базами данных в большинстве случаев открытое программное обеспечение – не только для экономии средств, но и в целях *расширяемости* и *мобильности* приложений. Если будут созданы банки геофизических данных, то все программы оцифровки изображений станут излишними в арсенале геофизика и можно будет сосредоточиться на моделировании.

В геологических фондах огромное множество гравиметрических материалов различного времени и точности аккумулированы на бумаге. Их хранение и эффективное использование возможны только в среде ГИС в процессе создания банков данных. Рекомендуем создавать базы данных гравиметрии на основе упомянутого выше способа оцифровки для данных, представленных в виде карт фактического материала, с помощью программы Quantum GIS. Выбор бесплатной Quantum GIS по сравнению с дорогими MapInfo и ArcGIS обоснован не только ценовыми соображениями, но и функционалом, достаточным для обработки геологических приложений.

Поскольку каталоги гравиметровых измерений все еще недоступны, главное внимание уделено оцифровке части гравиметрических карт СССР (на территорию Украины) масштаба 1 : 200 000, хранящихся в Институте геофизики НАН Украины. Работа с ГИС направлена на полуавтоматическое извлечение информации в файл, содержащий горизонтальные координаты точек и значения поля в этих точках.

Рассмотрим понятие универсальности баз данных: данные измерений имеют наивысшую эффективность в сочетании с данными других методов и средств обработки. Поэтому целесообразно накапливать в едином интерфейсе не только данные измерений, но и наборы карт, каталоги параметров пород и проб, схемы экспериментов, описания методов и матрицы (рабочие форматы) результатов обработки. Ключевой момент – они должны быть доступны для каждого сертифицированного специалиста отрасли, независимо от места выполнения запроса. Это означает, что создавать подобные базы знаний следует в виде тематических порталов с набором карт, алгоритмов и программ. Примеры такой открытости данных есть как в близком (Россия), так и в дальнем (Запад) зарубежье, а в Украине имеется только несколько узкоотраслевых баз данных, недоступных для широкого потребителя [11].

Информационный кризис достиг и наук о Земле, что требует систематизации и обобщения знаний. Смена парадигм в пределах одного поколения актуализирует потребность в дистанционном взаимодействии между исследователями и производством – для взаимообмена идей, средств, навыков (символьной математики, цифровой картографии, ГИС, численной оптимизации, визуализации). Такое взаимодействие можно наладить путем создания *интерактивных* баз знаний на основе *открытых* тематических интернет-порталов, которые объединяют теоретические методы, численные алгоритмы, программы и базы данных для основных геофизических направлений – от гравиметрии до ядерной геофизики. Создавать такие базы знаний можно исключительно на основе единой междисциплинарной государственной программы.

Основным наполнением таких порталов должны стать цифровые базы данных (карт) потенциальных геофизических полей. На их основе объединенные дистанционными цифровыми технологиями виртуальные коллективы ученых разных организаций могут создавать цифровые модели геологической среды как для сугубо научных, так и для промышленных потребностей.

Важное следствие, вытекающее из этого обобщения, состоит в том, что необходимо не просто

упразднить гриф секретности, довлеющий над гравиметрическими материалами (сейчас он сменен на гриф ДСП, но получить конкретную выборку при этом очень сложно). Следует переформулировать понятие интеллектуальной собственности: защищать авторским правом не *исходные данные* измерений, а результат их *интеллектуальной обработки*. При этом результатом считается *рабочий файл данных* конкретного программного средства, а не конечный файл иллюстрации.

Выводы и предложения. Необходима значительная трансформация методики обработки высокоточных гравиметрических данных с учетом современных требований к точности интерпретации и современных данных о высотах геоида и рельефе Земли. Принятие такой стратегии развития баз данных как экспериментального фундамента наук о Земле будет иметь непреходящую **практическую ценность**.

В частности, отметим следующие позиции.

1. Для надежного прогноза опасных геологических и техногенных явлений кроме теории и программ нужен массив данных высокой точности, получаемых из мониторинга геофизических полей на постоянных геофизических полигонах. Отдельные звенья (сейсмическое, магнитное) есть, но без единого национального центра геофизических данных. В гравиметрии подобные базы данных имеют разрозненный региональный характер и недоступны для специалистов. Ввиду отсутствия разведочных работ создание цифровых баз данных следует начать с оцифровки и переинтерпретации архивных материалов.
2. Необходимо кардинально изменить *условия доступа* к материалам съемок и внедрить в стандарт подготовки данных новую методику оцифровки геофизических данных на основе грид-карт пунктов измерений, а не изолиний. Кроме того, следует использовать новые способы редуцирования аномалий и новые компоненты гравитационного поля в процедуре получения и предобработки данных.
3. Ключевые тенденции развития геофизики – социальные (коммерциализация, кооперация), технологические (сайтизация, мультиметодные вычисления), методологические (геопривязка, управляемая интерполяция, типизация моделей) – требуют создания открытых банков и баз данных. Полученные научные результаты (аналитические методы, цифровые модели и базы данных, иллюстрации) целесообразно давать в *открытый* доступ – для научного сообщества и (само-)обучения специалистов и студентов.
4. Существующая конкуренция в доступе к *исходным данным* геофизических измерений глубоко порочна, она важна лишь в сфере распределения *результатов* интерпретации данных. Нужно пересмотреть содержание интеллектуальной собственности: декларировать его не на *первичные данные* съемок (журналы рейсов, матрицы данных), а на результаты их *обработки* (карты редукций и трансформаций поля и т. п.). Для этого следует выработать общий для отрасли документ, регламентирующий новые отношения между производителями и потребителями научной информации.
5. Изменение методологии моделирования сложных геофизических процессов [10] на основе цифровых баз данных влечет постепенную трансформацию геофизического образования в Украине, в частности, разработку новых дисциплин, форм обучения и т. п. Их объем и содержание могли бы стать предметом широкой дискуссии.

1. *Автоматизация* ввода в компьютер изображений геофизических карт и построение их цифровых моделей / [В.И. Старостенко, В.В. Мацелло, И.Н. Аксак, В.А. Кулеш, О.В. Легостаева, Т.П. Егорова] // Геофиз. журн. – 1997. – Т. 19, № 1. – С. 3–13.
2. *Бычков С.Г.* Пути повышения информативности гравиметрических данных [Электронный ресурс]: [тезисы докл.] / С.Г. Бычков, А.А. Симанов // Геоинформатика: Теоретические и прикладные аспекты. XI Междунар. конф., Киев, 14–17 мая 2012 г. – Киев: ВАГ, 2012. – С. 14643. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – DOI: 10.3997/2214-4609.201403013.
3. *Дзюба О.В.* Порівняльна характеристика систем управління базами даних з метою побудови сервера геологічної бази даних [Електронний ресурс]: [тезиси доп.] / О.В. Дзюба, В.К. Демидов, А.В. Данилов // Геоінформатика: Теоретичні та прикладні аспекти. XI Міжнар. конф., Київ, 14–17 травня 2012 р. – Киев: ВАГ, 2012. – С. 3584. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). – DOI: 10.3997/2214-4609.201402964.
4. *Дубовенко Ю.И.* Об определении гравиметрических трансформаций // Геофиз. журн. – 2011. – Т. 33, № 1. – С. 136–146.
5. *Дубовенко Ю.И.* Об определении плотностных неоднородностей в классе Сретенского // XV Урал. молод. науч. школа по геофизике. Сборник докладов. – Екатеринбург: ИГф УрО РАН, 2014. – С. 84–86.
6. *Дубовенко Ю.И.* О трансформациях гравиполя с помощью задачи Алексидзе / XI Урал. молод. науч. школа по геофизике. Сборник докладов. – Екатеринбург: ИГф УрО РАН, 2010. – С. 88–91.
7. *Дубовенко Ю.І.* Про нові принципи створення цифрових баз даних у гравіметрії // Інтеграція геопросторових даних у дослідженнях природних ресурсів, Київ, 27–28 лист. 2014 р.: Матеріали міжнар. наук. конф. – К., 2014. – С. 17–20.
8. *Дубовенко Ю.И.* О выборе нулевого приближения при определении сложного контакта / Ю.И. Дубовенко, О.А. Черная // Геофиз. журн. – 2013. – Т. 35, № 1. – С. 159–178.
9. *Карта* абсолютных значений поля силы тяжести Украины и некоторые аспекты ее возможной интерпре-

тации / [В.А. Ентин, С.И. Гуськов, М.И. Орлюк, О.Б. Гинтов, Р.В. Осьмак] // Геофиз. журн. – 2015. – Т. 37, № 1. – С. 35–47.
10. *Николаев А.В.* Черты геофизики XXI века. – М.: Наука, 2003. – С. 7–12.
11. *Якимчик А.И.* Об автоматизированной обработке карт аномалий силы тяжести масштаба 1 : 200 000 с использованием ГИС-технологий [Электронный ресурс]: [тезисы докл.] // Геоинформатика: Теоретические и прикладные аспекты. XI Междунар. конф., Киев, 14–17 мая 2012 г. – Киев: ВАГ, 2012. – С. 3534. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – DOI: 10.3997/2214-4609.201402949.
12. *Якимчик А.И.* Технология оцифровки карт фактического материала на основе программного обеспечения MapInfo Professional и CorelDraw // Геофиз. журн. – 2010. – Т. 32, № 3. – С. 112–124.
13. *Hinze W.J., Aiken C., Brozena J. et al.* New standards for reducing gravity data: The North American gravity database // Geophysics. – 2005. – V. 70, iss. 4. – P. J25–J32.

Поступила в редакцию 22.06.2015 г.

ЗАМІТКИ ЩОДО СТРАТЕГІЇ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ БАЗ ДАНИХ ГРАВІМЕТРІЇ В УКРАЇНІ

Ю.І. Дубовенко

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: nemishayeve@ukr.net

Сформульовано адекватні геофізичній практиці вимоги до оптимальності і точності засобів інтерпретації даних потенціальних полів. Розглянуто необхідність переінтерпретації архівних даних з метою створення геофізичних баз даних. Указано, що головною проблемою є розробка швидкісних рішень для оцифрування гравіметричних карт. Узагальнено напрями, які обґрунтовують нову методологію створення гравіметричних (та інших) баз даних для території України. Запропоновано використовувати як ядро бази даних СУБД PostgreSQL; як спосіб оцифрування паперових карт – модифікований спосіб А. Якимчика (вихідна інформація для оцифрування – не карти ізоліній, а журнал пунктів вимірювань); як новий стандарт первинної обробки гравіметричних даних – адаптований спосіб С. Бичкова. Рекомендовано додати до комплекту карт для інтерпретації карти абсолютних значень поля сили тяжіння; об'єднати у відкритому інтерфейсі взаємодоповнювальні дані щодо ділянок досліджень. Для забезпечення методології рекомендовано змінити Інструкцію з гравірозвідки від 1980 р. Потрібно змінити не гриф секретності, а поняття інтелектуальної власності: замінити конкуренцію у доступі до даних вимірів конкуренцією результатів інтерпретації даних.

Ключові слова: гравіметрія, бази даних, оцифрування карт, переінтерпретація архівних даних, каталог гравіметричних пунктів, абсолютні значення сили тяжіння, новий стандарт.

THE REMARKS ON THE STRATEGY OF THE DIGITAL GRAVITY DATABASES BUIL-DING IN UKRAINE

Yu.I. Dubovenko

Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, 32 Palladin Ave., Kyiv 03680, Ukraine, e-mail: nemishayeve@ukr.net

Purpose of the research note is to design gravity surveys database conditions due to its improved precision and to the advanced software for the processing and interpretation of gravity data. The note formulates adequate requirements to the modern geophysical practice by the optimal precision for the interpretation means of the potential fields' data. Main trends of reinterpretation of data being stored in the archives are pointed out to create a unified digital framework for the geophysical databases. We denote that the main problems on this way there are the creation of high-speed solutions for digitization of maps and the creation of digital databases on modern OS platforms.
Design/methodology/approach. In unique approach a series of separate branches are generalized, justifying the creation of a new methodology for gravity (and other) databases for the territory of Ukraine.
Findings. In particular, we suggest the follow series of enhancements: as a database engine, one should use a PostgreSQL db management system; as a method of paper maps digitizing one should use the modified A. Yakimchik technique (where an input for digitizing is not the contour maps, but the measurements log (map of the observation points converted into the digital grid map of gravity anomalies); the technique is updated by the open-source analogues of given proprietary software; as a new standard of preprocessing of gravity data one should to use the adapted technique of S. Bychkov for counting the layer curvature, relief contribution and indirect effects; one should develop its own parameters for calculating of gravity corrections for the spherical layer impact and other effects on the territory of Ukraine).
Practical value/implications. We also recommend adding the maps of the absolute values of the gravity field to the standard set of maps for the interpretation. For this reason, we suggest to change the Instructions on gravity surveys of 1980. To ensure the database universality one should combine in a united interface of thematic portal with the public access not only the gravity data but also the complementary data on the area of research. The proper way to do all the strategy of gravity databases building is to change not the secrecy bar on gravity data, but the concept of intellectual property itself: to replace competition within the access to measurements data by the competition on the results of data interpretation.

Keywords: gravimetry, databases, maps digitizing, reinterpretation of archive data, catalogue of gravity stations, absolute values of gravity, new standard.

References:

1. Starostenko V.I., Matsello V.V., Aksak I.N., Kulesh V.A., Legostayeva O.V., Egorova T.P. *Avtomatizatsia vvoda v komputer izobrajeniy geofizicheskih kart i postroenie ikh tsifrovyh modeley* [Automation of input into computer of the geophysical maps images and building of its digital models]. *Geophysical journal*, 1997, vol. 19, no. 1, pp. 3-13.
2. Bychkov S.G., Simanov A.A. *Puti povysheniya informativnosti gravimetricheskih dannyh* [Ways to increase the informativity of gravity data]. *Geoinformatika: Teoreticheskie i prikladnye aspekty. XI Mezhdunarodnaya konferentsiya, Kiev, 14-17 maya 2012* [Geoinformatics: Theoretical and applied aspects. 13th International Conference, May 14-17, 2012: abstracts]. Kyiv, VAG, 2012, CD-ROM, 14643.pdf. - DOI: 10.3997/2214-4609.201403013.
3. Dziuba O.V., Demydov V.K., Danylov A.V. *Porivnyalna kharakterystyka system upravlinnya bazamy danykh z metoyu pobudovy server geologichnoyi bazy danykh* [Comparative description of database management systems for the construction of geological database server]. *Heoinformatyka: Teoretychni ta prykladni aspekty. XI Mizhnarodna konferentsiia, Kyiv, 14-17 travnia 2012* [Geoinformatics: Theoretical and applied aspects. 13th International Conference, May 14-17, 2012: abstracts]. Kyiv, VAG, 2012, CD-ROM, 3584.pdf. DOI: 10.3997/2214-4609.201402964.
4. Dubovenko Yu.I. *Ob opredeleniyi gravimetricheskikh transformatsiy* [On determination of gravimetric transformations]. *Geophysical journal*, 2011, vol. 33, no. 1, pp. 136-146.
5. Dubovenko Yu.I. *Ob opredelenii plotnostnykh neodnorodnostey v klasse Sretenskogo* [On the defi-nition of the density inhomogeneities within the Sretenskii class]. *XV Uralskaya molodezhnaya nauchnaya shkola po geofizike. Sbornik dokladov* [XV Ural young scientists' school on geophysics. Collection of reports]. Ekaterinburg, *IGf UrO RAN*, 2014, pp. 84-86.
6. Dubovenko Yu.I. *O transformatsiyakh gravipolya s pomoshchyu zadachi Aleksidze* [On the trans-formations of gravity with the help of Alexidze problem]. *XI Uralskaya molodezhnaya nauchnaya shkola po geofizike. Sbornik dokladov* [XI Ural young scientists' school on geophysics. Collection of reports]. Ekaterinburg, *IGf UrO RAN*, 2010, pp. 88-91.
7. Dubovenko Yu.I. *Pro novi pryntsypy stvorennya tsifrovykh baz danykh u gravimetrii* [On the new principles of creation of digital databases in a gravimetry]. *Integratsiya geoprostorovykh danykh u doslidzhennyakh pryrodnykh resursiv. Kyiv, Materialy mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsii* [Integration of geospace data into researches of natural resources, November 27-28, 2014, Kyiv. Coll. of Int. sci. conf., Kyiv, 2014, pp. 17-20.
8. Dubovenko Yu.I., Chernaya O.A. *O vybore nulevogo priblizheniya pri opredelenii slozhnogo kontakta* [On the choice of zero approximation in case of revealing the complicated contact]. *Geophysical journal*, 2013, vol. 35, no. 1, pp. 159-178.
9. Entin V.A., Guskov S.I., Orliuk M.I.,Gintov O.B., Osmak R.V. *Karta absolutnykh znachenii polya sily tyazhesti Ukrainy i nekotoryye aspekty ee vozmozhnoi interpretatsii* [Map of absolute values of the gravity field of Ukraine and some aspects of its possible interpretation]. *Geophysical journal*, 2015, vol. 38, no. 1, pp. 53-61.
10. Nykolaev A.V. *Osobennosti geofiziki XXI veka* [Features of geophysics of XXI century]. Moscow, *Nauka*, 2003, pp. 7-12.
11. Yakimchik A.I. *Ob avtomatizirovannoy obrabotke kart anomaliy sily tyazhesti masshtaba 1:200 0-00 s ispolzovaniyem GIS-tekhnologiy* [On the automated processing of maps of gravity anomalies of scale of 1:200 000 with the use of GIS-techniques]. *Geoinformatika: Teoreticheskie i prikladnye aspekty. XI Mezhdunarodnaya konferentsiya, Kiev, 14-17 maya 2012* [Geoinformatics: Theoretical and applied aspects. 13th International Conference, Kyiv, May 14-17, 2012: abstracts]. Kyiv, VAG, 2012, CD-ROM, 3534.pdf. DOI: 10.3997/2214-4609.201402949.
12. Yakimchik A.I. *Tekhnologiya otsifrovki kart fakticheskogo materiala na osnove programmnogo obespecheniya MapInfo i CorelDraw* [Technology of digitizing of maps of factual material on the basis of software MapInfo Professional and CorelDraw], *Geophysical journal*, 2010, vol. 32, no. 3, pp. 112-124.
13. Hinze W.J., Aiken C., Brozena J. et al. New standards for reducing gravity data: The North Ameri-can gravity database, *Geophysics*, 2005, vol. 70, issue 4, pp. J25-J32.

Received 22/06/2015